

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-113086

(43)Date of publication of application : 21.04.2000

(51)Int.Cl.

G06F 19/00
A61B 5/055
A61B 6/03
A61B 19/00
G06T 1/00

(21)Application number : 10-287811

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 09.10.1998

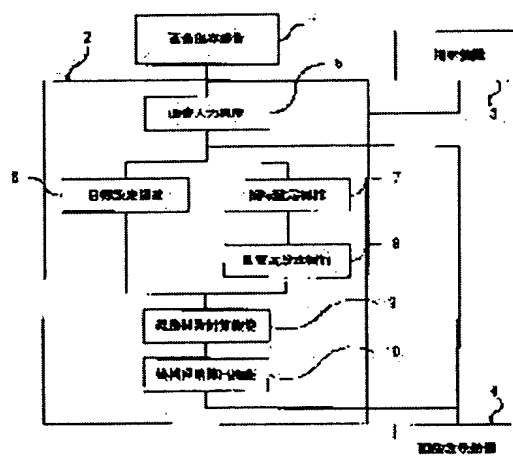
(72)Inventor : MATSUZAKI HIROSHI
SHIBAZAKI TAKAO
SAITO AKITO
KOSAKA AKIO
ASANO TAKEO
FURUHASHI YUKITO

(54) OPERATION ROUTE SETTING DEVICE AND RECORDING MEDIUM RECORDING
OPERATION ROUTE SETTING PROCESSING PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the load on an operator for operation route setting by inputting image information on the inside of a body, setting up a target in a model, setting up at least one area for the model, a deriving an operation route, and displaying the derived operation route.

SOLUTION: Slice images including a patient's lesion part which are photographed by an X-ray CT device or an MRI device are inputted and stored. These stored slice images are inputted by an image input function 5 of a computer 2, a target is set up in the lesion part by a target setting function 6 and an area not to be invaded in operation is set up by an area setting function 7. The area is weighted by an importance setting function 8 in accordance with the importance of the area. A route function calculating function 9 and a candidate route calculating function 10 are used for evaluating an operation route to the target by using an evaluation function and deriving at least one operation route as a candidate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

BEST AVAILABLE COPY

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-113086

(P2000-113086A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000. 4. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 6 F 19/00		G 0 6 F 15/42	Z 4 C 0 9 3
A 6 1 B 5/055		A 6 1 B 6/03	3 6 0 G 4 C 0 9 6
6/03	3 6 0	19/00	5 0 2 5 B 0 5 7
19/00	5 0 2	5/05	3 8 0
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/62	3 9 0 B
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-287811

(22) 出願日 平成10年10月9日 (1998. 10. 9)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 松崎 弘

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 柴崎 隆男

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 斉藤 明人

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

最終頁に続く

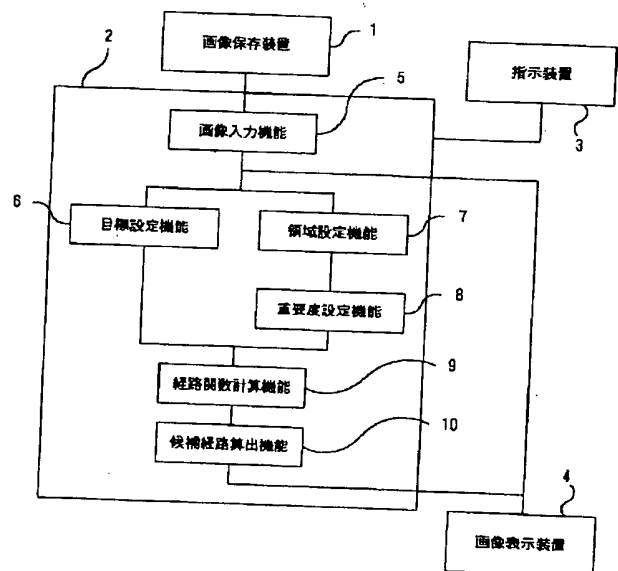
(54) 【発明の名称】 手術経路設定装置及び手術経路設定処理プログラムを
体

記録した記録媒

(57) 【要約】

【課題】 手術において、身体の重要な機能部位の侵襲をさける手術経路設定は重要だが、今までは、手術経路が機能領域等を通過するか否かの検討は、定性的な検討や感覚的な検討しかできず、多くの試行錯誤が必要であった。

【解決手段】 本発明は、X線CT装置やMRI装置で撮影したスライス画像が記録される画像保存装置1より画像を入力する画像入力機能5と、手術の目標を設定する目標設定機能6と、画像に領域を設定する領域設定機能7と、この領域に重みづけをする重要度設定機能8と、目標と領域の重要度より手術経路を評価する経路関数計算機能9と、手術経路を導出する候補経路算出機能10とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 手術対象の患部に目標を設定し、この目標への手術経路を求める装置であり、

身体内部の画像情報を入力する画像入力手段と、

上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて、上記目標を設定する目標設定手段と、

上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて、少なくとも1つの領域を設定する領域設定手段と、

上記領域に重みづけをする重みづけ手段と、

上記領域の重みづけを用いて上記目標への手術経路を評価し、この評価に基づいて少なくとも1つの手術経路を導出する手術経路導出手段と、

上記導出された手術経路を表示する表示手段と、

を具備することを特徴とする手術経路設定装置。

【請求項2】 上記重みづけ手段は、予め作成されている標準モデルを参照して重みづけをすることを特徴とする請求項1記載の手術経路設定装置。

【請求項3】 コンピュータによって手術対象の患部に目標を設定しこの目標への手術経路を求める処理プログラムを記録した記録媒体であって、

上記プログラムはコンピュータに身体内部の画像情報を入力させ、

上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて上記目標を設定させ、

上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて少なくとも1つの領域を設定させ、

上記領域に重みづけをさせ、

上記領域の重みづけを用いて上記目標への手術経路を評価させ、この評価に基づいて少なくとも1つの手術経路を導出させ、

上記導出された手術経路を表示させることを特徴とする手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、手術において、撮影された患者の医用画像を利用して患部である目標までの手術経路を探索し設定する処理を実行する手術経路設定装置及びコンピュータに上記処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】手術において、手術の目標となる患部までの手術経路を決定することは、患部が身体の内奥にある場合や患部近傍に大切な領域がある場合等、重要なことが多い。

【0003】例えば、脳外科手術においてはX線CT画像やMRI画像のような断層画像を用いて手術経路の決定が行なわれる。この場合、脳内部には生命維持や各種運動機能を司る重要な機能を持つ機能領域が多数存在するので、このような重要な領域が経路上に存在するよう

な手術経路をとることはできない。このため、従来から機能領域を避けて手術経路を設定するための種々の手法が考案されている。

【0004】例えば、特開平3-162849号公報には複数枚のCT画像を用いて、患部を目標点として設定し、操作者が指定した頭表上の点からこの目標点に達する手術経路情報として経路長や経路角度を算出し、CT画像上に表示し、これにより設定した手術経路の評価を可能にした技術が開示されている。

【0005】また、Lect Notes Comput Sci VOL. 1205, P467-476 (1997) "A Path-Planning Algorithm for Image-Guided Neurosurgery" には、領域分割された患者の頭部のMRI画像上に脳内の機能領域を示す地図を位置合わせして重ね合わせ、重要な機能領域に対して重み関数を設定し、患部である目標点から脳の表面までの経路の重み関数を考慮して評価し、その値を脳の表面の画素濃度で表現して手術経路の検討をおこなう技術が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した特開平3-162849号公報は、CT画像上に手術経路を表示しているが、手術経路情報として、長さ・侵入角度の算出及び表示に止まっているので、手術経路が機能領域を通過するか否かの検討は、操作者が得られた画像を見て定性的な検討を行なうしかなかった。さらに、機能領域の重要度が考慮されていないため、最終的な手術経路は操作者が試行錯誤の上決定せざるを得ず、操作者の負担は大きなものだった。

【0007】また、上述したLect Notes Comput Sci VOL. 1205記載の文献においても、危険度を濃度で表わした脳表面のマップを見て操作者が手術経路を試行錯誤的に検討しなければならず、やはり操作者の負担は大きいものであった。

【0008】本発明は上記従来技術の課題に着目し、身体内部の各部位の重要度に基づいて評価・算出された適切な手術経路を操作者に提示することにより操作者の負担を軽減可能な手術経路設定装置、および身体内部の各部位の重要度に基づいて評価・算出された適切な手術経路を操作者に提示することにより、操作者の負担を軽減可能な手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0009】本発明は、脳神経外科手術に利用可能であることはもちろんであるが、これに限定されず、広く身体の手術一般における手術経路の設定が重要な場面で利用可能なものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の手術経路設定装置は、手術対象の患

部に目標を設定しこの目標への手術経路を求める装置であり、身体内部の画像情報を入力する画像入力手段と、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて上記目標を設定する目標設定手段と、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて少なくとも1つの領域を設定する領域設定手段と、上記領域に重みづけをする重みづけ手段と、上記領域の重みづけを用いて上記目標への手術経路を評価しこの評価に基づいて少なくとも1つの手術経路を導出する手術経路導出手段と、上記導出された手術経路を表示する表示手段とを具備する。

【0011】本発明の第2の手術経路設定装置においては、上記重みづけ手段は予め作成されている標準モデルを参照して重みづけをする。本発明の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体は、コンピュータによって手術対象の患部に目標を設定しこの目標への手術経路を求める処理プログラムを記録した記録媒体であって、上記プログラムはコンピュータに身体内部の画像情報を入力させ、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて上記目標を設定させ、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて少なくとも1つの領域を設定させ、上記領域に重みづけをさせ、上記領域の重みづけを用いて上記目標への手術経路を評価させ、この評価に基づいて少なくとも1つの手術経路を導出させ、上記導出された手術経路を表示させるプログラムを記録する。

【0012】すなわち、本発明の第1の手術経路設定装置は、身体内部の画像情報を入力し、この画像情報又は画像情報より構築されたモデル上で患部に目標を設定し、また、この画像情報又は画像情報により構築されたモデル上で手術上侵襲をさけることが望ましい領域を設定し、この領域を重要度によって重みづけをし、この重みづけをされた領域を考慮して、患部の目標へ向かう手術経路を導出して操作者に表示する。

【0013】本発明の第2の手術経路設定装置は、上記領域の重みづけを予め作成されている標準モデルを参照しておこなう。さらに、本発明の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体は、このプログラムを実行することにより、コンピュータが、身体内部の情報を入力し、この画像情報又は画像情報より構築されたモデル上で患部に目標を設定し、また、この画像情報又は画像情報より構築されたモデル上で手術上侵襲をさけることが望ましい領域を設定し、この領域を重要度によって重みづけをし、この重みづけされた領域を考慮して、患部の目標へ向かう手術経路を導出して操作者に表示する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。本実施形態は、脳外科手術である定位脳手術の例をとって説明するが、本発明がこれに限定されないのは言うまでもない。

【0015】図1は本発明の手術経路設定装置の構成を示したブロック図である。全体の構成を説明すると、光磁気ディスク装置等よりなる画像データベースである画像保存装置1はコンピュータ2に接続されている。コンピュータ2は他にキーボードやマウスからなる指示装置3、ディスプレイよりなる画像表示装置4が接続されている。

【0016】コンピュータ2の機能は次のように構成されている。画像入力機能5は目標設定機能6を経由して経路関数計算機能9に関連しているとともに、領域設定機能7・重要度設定機能8を経由しても経路関数計算機能9に関連している。経路関数計算機能9は候補経路算出機能10に関連し、この結果はコンピュータ外部の画像表示装置4に伝達される。また、画像入力機能5からも画像表示装置4に関連している。

【0017】上記コンピュータ2の各機能はコンピュータ2の図示しないメインメモリに記録媒体から処理プログラムを読み込み、この処理プログラムを実行することによって実現されている。本実施例ではプログラムの記録媒体はCD-ROMを想定しているがこれに限定されない。また、処理プログラムの形態は実行形式でもよいし、ソース形式のプログラムをコンピュータ上のインタプリタで実行させてもよく、特に限定されない。さらに、コンピュータはパーソナルコンピュータでもよいが、処理能力の面からワークステーションや大型コンピュータ上で実現してもよい。

【0018】上記コンピュータ2の画像入力機能5は画像入力手段に、目標設定機能6は目標設定手段に、領域設定機能7は領域設定手段に、重要度設定機能8は重みづけ手段に、経路関数計算機能9及び候補経路算出機能10は手術経路導出手段に、画像表示装置4は表示手段に相当する。

【0019】次に、この構成の作用を説明する。画像保存装置1には図示しないX線CT装置やMRI装置により撮影された患者の患部を含むスライス画像が入力され、記録保存されている。この記録保存されたスライス画像はコンピュータ2の画像入力機能5によって画像入力され、次いで、目標設定機能6によって患部に目標が設定されるとともに、領域設定機能7によって手術上侵襲を避けたい領域が設定され、さらに重要度設定機能8によってこの領域の重要度にしたがった重みづけがされる。経路関数計算機能9と候補経路算出機能10は評価関数を用いて上記目標への手術経路を評価し、候補として少なくとも一つの手術経路を導出する。

【0020】以下にコンピュータ2の各機能について詳細に記載する。画像入力機能5は操作者による指示装置3からの指示に従って、画像保存装置1から条件に合う身体内部の画像情報であるスライス画像を入力する、このスライス画像は上述のようにX線CT装置やMRI装置により撮影されたものであり、手術対象の患部を含

んで撮影されたものである。本実施例では、スライス画像をそのまま次の機能に受け渡しているが、事前にこれらのスライス画像から3次元立体モデルを構築するようにしてもよい。

【0021】目標設定機能6を説明する。本機能は手術経路の設定にあたり、手術経路の目標位置をスライス画像上で指定する機能である。図2は目標設定機能6の処理を示すフローチャートである。上記画像入力機能5で入力されたスライス画像は、スライス画像を識別するスライス番号とともに画像表示装置4に順次表示される。このスライス番号を操作者が指示装置3から指示することにより所望のスライス画像が選択される(ステップS1)。この選択したスライス画像において操作者は患部の中心と思われる点を任意に位置指定する(ステップS2)。この位置指定は指示装置3の1つであるマウスを画像表示装置4に表示された画像上の所望の一点に移動させ、ボタンをクリックすることによってなされる。このように指定された点は、手術の目標としてコンピュータ2内部で記録される(ステップS3)。目標は一点のみとは限らないので、さらに他の目標を指定するか判断し(ステップS4)、他の目標も指定する場合にはステップS1に戻り、他の目標を指定しない場合にはこの機能を抜ける。

【0022】本実施例では、目標として所望のスライス画像において任意の点を指定したが、目標の設定の仕方はこれに限らない。例えば、マウスの軌跡により患部に任意の領域を指定して、この領域の中心として重心を計算し、これを目標としてもよい。

【0023】また、本機能で目標を設定する前に後述する領域設定機能7を実施し、スライス画像を頭表・骨・脳各機能領域等の領域に区分し、この領域区分に基づいて3次元立体モデルを構成して、この3次元立体モデルにおいて目標を指定するようにしてもよい。このようにすれば、患部の形状を立体的に把握した上で目標が設定できるので、より適切に目標が設定可能である。この場合でも目標は一点の指定も、複数点の指定も、領域による指定も可能である。

【0024】領域設定機能7を説明する。この機能は患部を含む身体内部の画像上において画像上の特徴を利用して領域を区分する機能である。本実施形態においては、領域設定はすべてのスライス画像に対して行なわれる。

【0025】図3は領域設定機能7の処理を示すフローチャートである。上記画像入力機能5で入力されたスライス画像より、指示装置3を用いて操作者が任意のスライス画像を選択する(ステップS5)。この選択されたスライス画像に対して、エッジの強調処理や平滑フィルタによる画像平滑化等のフィルタリング処理を施し、画像の特徴の抽出を容易にする(ステップS6)。このフィルタリング後のスライス画像を輝度により、複数の閾

値を適用して領域分割する(ステップS7)。なお、輝度以外にも領域の形態や位置や大きさ等を参酌してもよい。

【0026】さらに、この領域分割後の画像に対して、指示装置3のマウス等を使用してノイズの除去や穴埋めを指示し、さらに複数領域を抽出する。ここで、抽出とは上記領域分割をもとにし、この領域をさらに小さな領域に細分化したり、逆に領域を結合したりして、上記領域分割の不完全な点を補正し、身体各機能部分に対応する画像の領域を明らかにすることをいう。脳の機能領域等は、画像上特徴が現れず上記処理では領域抽出が不可能なので、指示装置3のマウス等で操作者が直接に領域を指定する。このようにして、頭表・骨・脳表面・脳内の各種機能領域等がスライス画像上で領域として設定される(ステップS8)。ここで、設定とは上記抽出された領域を最終的に確定することをいう。次に、上記設定された領域に対して符号を付与し、各領域と符号を対応づけておく(ステップS9)。さらに、他の未処理のスライス画像があれば、ステップS1に戻って上記の処理を繰り返す。

【0027】このように設定された各領域は、上述のように頭部の各構成部分である頭表・骨・脳表面・脳内の各種機能領域等を表わしているので、本実施例では、一連のスライス画像を用いて、ボリュームレンダリングや等値面生成によるサーフェスレンダリングにより3次元に再構成し、立体表示可能にしている。この場合、指示装置3からの指定により所望の視点より観察した画像が画像表示装置4に表示される。

【0028】本実施例では、スライス画像を領域分割して領域を設定しているが、必ずしも画像上の身体部分全てに対して領域分割・設定をする必要はない。手術経路の検討や画像の3次元再構成に関係の無い部位についてはあえて領域として設定する必要はない。この場合は、画像の特徴から分割された複数領域から必要な領域のみをマウス等で選択できるようにすればよい。

【0029】本実施例においては、スライス画像より頭部構成要素を領域として抽出して、これにより3次元画像を作成し操作者に立体的に提示してるが、3次元立体表示をしない簡易な構成としてもよい。こうすれば、領域を3次元構成に利用しないので、手術において侵襲を最小限にしたい脳の機能領域のみを少なくとも1つ領域指定すれば足りる。

【0030】また、本実施例のようにスライス画像上において領域を設定するのではなく、あらかじめ入力された画像情報を輪郭抽出して3次元立体モデルを構築しておき、この3次元モデルにおいて、脳の機能領域をマウス等で領域設定する構成をとってもよい。このようにすれば、立体的位置関係を把握してより適切に領域設定できる。

【0031】いずれにしても、領域の設定においては、

脳の機能領域のように手術において侵襲を最低限にした部位はなるべく多く指定した方がよい。領域は少なくとも1つは指定する必要がある。

【0032】重要度設定機能8について説明する。本機能は、領域設定機能7で設定された領域のうち重要な脳内機能領域を、その重要度に応じて重みづけをするものである。図4は重要度設定機能8の処理を示すフローチャートである。まず、領域設定機能7で領域設定が終了した適当なスライス画像を選択する(ステップS11)。この選択したスライス画像において、指示装置3のマウス等を用いて重要度を設定しようとする領域上の任意の点を指定する(ステップS12)。すると、この指定された点を含む領域全体が選択される(ステップS13)。次いで、この選択された領域の重要度を設定するダイアログ表示がなされるので、このダイアログで重要度を入力する(ステップS14)。本実施例においては、重要度は高いほうからA、B、Cの3段階で設定するようにした。そして、上述した領域設定機能で領域と符号が対応付けられているので、この符号と重要度を関連づけることにより、領域に重要度が設定される(ステップS15)。1つの領域の重要度の設定が終わると、同じスライス画像内でさらに他領域の重要度設定を行なうか操作者が指定し、さらに重要度設定をするならステップS12に戻って上記処理を繰り返し、さもなくば処理を進める(ステップS16)。そして、他のスライス画像で重要度を設定するか操作者が指定し、他のスライス画像で重要度を設定する場合にはステップS11に戻って処理を繰り返し、さもなくば重要度設定機能8の処理を終了する(ステップS17)。

【0033】上記の処理において、異なるスライス画像における対応する領域どうしは同じ重要度に重みづけされるものとする。本実施形態においては、重要度による重みづけは操作者が領域毎に入力しているが、予め作成された標準モデルをコンピュータのメモリ内に記録しておき、これを参照して重みづけをしてもよい。この標準モデルは解剖学的な脳内の機能領域に関して位置と重要度が設定されているもので、手術経路を設定する対象つまり、画像入力機能5で入力された画像情報又はこの画像情報より3次的に構成されたモデルに、この標準モデルが対応づけられ、標準モデルに設定されている機能領域の重要度が対象上にも設定される。この対応づけの方法としては、標準モデルを前後・左右・上下方向に拡大縮小したり回転や移動をさせて変形し、対象に位置合わせする。このように標準モデルを使用して領域を重要度に応じて重みづけすれば、重みづけ作業の多くを自動化できるとともに、操作者の能力によらずに適切な重みづけができる。また、標準モデルを参照することは領域設定段階でも利用できる。この場合は、標準モデルを実際の表示装置内の患者画像に位置合わせしたうえで、標準モデルに設定済みの機能領域に対応させ、表示装置内

の患者画像において自動的に領域設定できるようにしておけばよい。

【0034】また、いずれの方法で重みづけをするにしても、各重みづけの値は領域毎に操作者が外部から自由に設定や変更可能にしておき、導出された手術経路の結果を操作者が判断して重みづけを設定し直したり、種々の重みづけのパターン毎に手術経路を導出するようにして、最適の手術経路を求めるようにしてもよい。このようにすれば、操作者の経験に基づいて手術経路の最適化ができる。

【0035】さらに、上記のようにして種々の方法で設定された重みづけのデータをデータベースに保存するようにしてもよい。このデータベースでは同一スライス画像等の同一画像情報に対しても複数の重みづけパターンを保持できるようにしてもよい。このようなデータベースを作成しておくことで、種々の症例に渡って重要度設定のデータを参照できるので、新たに重要度を設定する作業をする場合、検査データに対して以前の重要度を検索でき、操作者の個人差によらない程度の高い設定が可能となる。

【0036】ここで、図5に脳のスライス画像の1つを選択して重要度を設定した例を示す。図で明らかなように、脳の機能領域のうち重要なものについて、その重要度に応じた重みづけがされている。

【0037】次に、経路関数計算機能9を説明する。本機能は手術経路を評価するにあたり、目標設定機能6で設定された目標を原点とする極座標を想定し、この極座標の2つの角度成分(Φ 、 θ)で手術経路の候補を定義し、この手術経路候補に対して経路評価関数を用いて、重要度を設定した領域を侵襲する度合いを評価するものである。ここで、 Φ はスライス画像面内の回転方向の角度を表わし、 θ はスライス画像面と手術経路候補のなす角度を表わす。また、極座標の他の成分 r は原点よりの距離を表わす。この極座標の様子を図8(a)に示す。この図において、頭表22の内部に目標21があり、目標21から手術経路23が外部に向かって出ている。この手術経路23の方向は図示されるように Φ と θ で表わされる。符号25はX、Y、Zの直交座標軸である。

【0038】具体的には、重要度設定機能8で領域を重みづけしたので、極座標の点(r 、 Φ 、 θ)それぞれに対応して重みづけの値 W を特定できる。この場合重みづけされていない点は W を1(イチ)とし、スライス画像の重なり方向の中間に位置する点は適宜補間して W を計算する。このような重み関数 $W(r, \Phi, \theta)$ を目標点から手術経路候補に沿って積分することで、この手術経路候補の経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ を定義できる。

【0039】

【数1】

$$f(\Phi, \theta) = \int W(r, \Phi, \theta) dr$$

【0040】 $f(\Phi, \theta)$ の積分区間は原点すなわち目標から頭表または脳表面までとする。このように、任意のパラメータ (Φ, θ) によって定義される手術経路候補について、経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ を計算することによって、手術経路候補を評価できる。

【0041】上記の経路関数計算機能9では、手術経路として太さを考慮していない。しかし、実際の手術では、内視鏡を挿入する場合のように予め太さが知られた手術器具を挿入することが多い。この場合は、手術器具の断面形状を考慮しほうがより適切な評価ができる。このため、経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ として、

【0042】

【数2】

$$f(\Phi, \theta) = \iint w(r, \Phi, \theta) dS dr$$

【0043】を用いることもできる。ここで、 S は (Φ, θ) 方向に垂直な面素であり、手術器具形状による断面に渡って積分する。この式を用いることにより、手術の際に必要な侵襲範囲を考慮に入れて、手術経路の評価ができる。

【0044】次に候補経路算出機能10について説明する。本機能は経路関数計算機能9において、手術経路候補とその評価が導かれたので、この評価にもとづいて手術経路を具体的に導出するものである。

【0045】まず、経路関数 $f(\Phi, \theta)$ を最小にするパラメータ (Φ, θ) を求めれば、侵襲が最小の手術経路が求まる。この方法は経路関数計算機能9において微小間隔 $\Delta\Phi, \Delta\theta$ ごとに経路評価関数を計算しておいて、その最小値を探索してもよいが、最急降下法のような何れかの最適化手法を用いてもよい。また、最小値を与える手術経路を1つだけ求めてもよいが、例えばパラメータ (Φ, θ) がお互いに離間した手術経路を3つ程度導出し、操作者に所望の手術経路を選択させてもよい。本実施形態では導出する手術経路の数は操作者が設定自在に構成している。

【0046】このようにして導出した手術経路は、画像表示装置4に表示される。この様子を図6に示す、図6では頭表22の内部に目標21が表示され、この目標21から3本の手術経路23が出ている。導出した手術経路を全て表示してもよいが、所望の本数の手術経路のみを表示してもよい。図6の画像は3次元的に再構成された立体画像であり、視点を変更して表示可能なものである。

【0047】また、表示画像表示装置4にはさらに手術経路と重要な機能領域との関係を示した2次元画像も表示可能になっている。この様子を図7に示す、図7では頭表22の内部に目標21が表示され、目標21から頭表22に向かう手術経路23が表示されているが、さらに、手術経路近傍の重みづけをした機能領域24も表示され、手術経路23と重要な機能領域24の位置関係が

明確になっている。

【0048】さて、本経路候補算出機能では経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ の値が最小な、あるいは最小に近い複数の手術経路を導出して表示している。しかし、実際の手術経路決定の場面では手術経路に沿う侵襲はある程度の断面積があるので、手術経路の導出にあたっては、手術経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ の値が単に小さい点を探るだけでなく、なるべく広い Φ と θ の範囲に渡って経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ が小さいような手術経路を導出することが望ましい。

【0049】このため、候補経路算出機能10において以下のような処理を加えてもよい。すなわち、図8

(a)に示す手術経路23のパラメータ (Φ, θ) に着目し、 Φ と θ の座標平面を想定し、さらにこの Φ と θ の座標平面において経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ の値が所定の閾値以下の範囲を設定し、画像表示装置4に表示する、この様子を図8(b)に示す。符号26が設定した範囲である。この範囲26の大きさや形状を操作者が検討し、広い Φ と θ の範囲に渡って経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ の値が小さいような Φ, θ を選択し、これを手術経路とする。この場合領域26を経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ の値によって、複数の階調をつけて表示すればさらに詳細な検討ができる。階調の数としては255階調もあれば十分である。

【0050】図9は、図8(b)に示した $\Phi-\theta$ 平面を頭表にマッピングしたものである。このように3次元的に表示するようにすれば、より分かり易く手術経路の検討ができる。これは頭表面において侵襲可能な点の集合領域を示したものとも言える。また、範囲26の張る立体角情報も得ることが出来るので、手術器具の断面形状や手術器具の遊びも考慮に入れた、動作可能な許容範囲を検討できる。つまり、図8(b)や図9のような図を用いて手術経路を検討すれば、線分としての手術経路でなく、円筒等の管状体の手術経路や目標を頂点とし体表を底面とする錐体の手術経路を検討することも容易になるので、より実際の手術経路の検討・導出ができる。

【0051】さて、経路評価関数の最小値等を用いたり、 $\Phi-\theta$ 平面で検討したりして手術経路を導出した結果は、画像表示装置4に立体的に表示して機能領域との干渉の程度を確認することができる。この様子を図10に示す。図10は頭部のスライス画像より再構成した3次元立体画像であり、頭部を鉢巻き状に切り出して表示したものである。目標21から引き出された手術経路23の線分他端にはドラッグポイント27があり、このドラッグポイント27を指示装置3のマウス等を用いてドラッグし、手術経路23の方向を任意に変更できる。また、手術経路23の変更は直接数値を入力することによっても変更可能である。手術経路23が重要度を設定した機能領域24を通過する場合には、この通過部分に

マーク 28 が表示される。また、図示されていないが、手術経路 23 と機能領域 24 が近接する場合には相互の距離が画面上に表示され、操作者が手術経路決定にあたっての参考とされる。この画面は視点が指示装置 3 よりの指示により任意に変更可能となっており、また、図 7 のような 2 次元表示もウインドウのポップアップで同時に可能となっている。さらに、経路評価関数 $f(\Phi, \theta)$ の値も画面内に表示可能である。このような画面を表示することにより、操作者は手術経路 23 と機能領域 24 の立体的な位置関係を簡単に把握可能となる。また、手術経路 23 と機能領域 24 の交差情報を見ながら、手術経路 23 の位置を微調整できる。

【0052】図 11 は、画像表示装置 4 にさらに表示可能な画面の 1 つであり、3 次元に再構成された画像において、手術経路に垂直な平面 29 においてスライス画像をさらに表示できることを説明する図である。符号 31 は重みづけした機能領域の断面を表わす。このスライス面 29 の位置は操作者が任意に設定できるので、目標から頭表までの間で所望の位置のスライス画像が表示可能であり、手術の参考にできる。また、頭表から目標に渡る手術経路に沿ってスライス画像位置を順次移動させることで手術のシミュレーションが行なえる。

【0053】本実施形態においては、X 線 CT 装置や MRI 装置により撮影された画像を一旦、画像保存装置 1 に保存して所望の画像を使用しているが、X 線 CT 装置や MRI 装置から直接コンピュータ 2 に画像入力してもよい。また、画像保存装置 1 上で、画像処理を加えたり 3 次元に再構成してからコンピュータに入力してもよい。また、図 1 に示す画像保存装置 1、コンピュータ 2、指示装置 3、画像表示装置 4 の一部は遠隔地に置かれて、通信回線等で接続されていてもよい。

【0054】また、本実施形態はコンピュータ 2 上で動作するプログラムによって実現しているが、コンピュータを用いずに専用の機器を制作して実現させてもよい。以上、脳外科手術における定位脳手術を例として本発明を説明したが、本発明は、広く身体一般の手術において、患部と他の重要な臓器等との位置関係により、患部に至る手術経路の検討が必要な場面に有効なものである。本発明を手術に利用することにより、身体の機能に与える影響を最小限にする手術経路の検討をする操作者の負担が軽減され、脳の機能領域や重要な内蔵・骨・神経・血管等の部位への侵襲を最小減にした手術経路の設定が容易に行なえる。

【0055】以上説明した本発明には以下の構成も含まれる。

(1) 手術対象の患部に目標を設定し、この目標への手術経路を求める装置であり、身体内部の画像情報を入力する画像入力手段と、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて、上記目標を設定する目標設定手段と、上記画像情報又は上記画像情報から構築

されたモデルにおいて、少なくとも 1 つの領域を設定する領域設定手段と、上記領域に重みづけをする重みづけ手段と、上記領域の重みづけを用いて上記目標への手術経路を評価し、この評価に基づいて少なくとも 1 つの手術経路を導出する手術経路導出手段と、上記導出された手術経路を表示する表示手段と、を具備することを特徴とする手術経路設定装置。

【0056】この構成においては、身体内部の画像情報を入力し、この画像情報又は画像情報から構築されたモデル上で患部に目標を設定し、また、この画像情報又は画像情報により構築されたモデル上で手術上侵襲をさけることが望ましい領域を設定し、この領域を重要度によって重みづけをし、この重みづけされた領域を考慮して、患部の目標へ向かう手術経路を導出して操作者に表示する。これにより、手術経路設定の負担を軽減することができる。

(2) 手術対象の患部に目標として目標点を設定し、この目標点への手術経路を求める装置であり、撮影された身体のスライス画像を入力する画像入力手段と、上記スライス画像又は上記スライス画像から構築されたモデルにおいて目標点を設定する手段と、上記スライス画像又は上記スライス画像から構築されたモデルにおいて、少なくとも 1 つの領域を設定する領域設定手段と、上記領域の重みづけをする重みづけ手段と、上記領域の重みづけを用いて上記目標点への手術経路を評価し、この評価に基づいて少なくとも 1 つの手術経路を導出する手術経路導出手段と、上記導出された手術経路を表示する表示手段と、を具備することを特徴とする手術経路設定装置。

【0057】この構成においては、身体内部のスライス画像を入力し、このスライス画像又はスライス画像から構築されたモデル上で患部に目標点を設定し、また、このスライス画像又はスライス画像により構築されたモデル上で手術上侵襲をさけることが望ましい領域を設定し、この領域を重要度によって重みづけをし、この重みづけされた領域を考慮して、患部の目標点へ向かう手術経路を導出して操作者に表示する。これにより、手術経路設定の負担を軽減することができる。

(3) 上記重みづけ手段は、予め作成されている標準モデルを参照して重みづけをすることを特徴とする

(1) 又は (2) 記載の手術経路設定装置。

【0058】この構成においては、上記 (1) 又は

(2) において、予め作成されている標準モデルを具体的な患者の身体に当てはめて、標準モデルのもつ重要度の数値を領域に設定する。これにより、重みづけの作業の多くを自動化できるとともに、操作者の能力によらずに適切な重みづけができる。

(4) 上記重みづけ手段は、外部より重みづけが設定及び変更可能に構成されていること特徴とする (1) 又は (2) 記載の手術経路設定装置。

【0059】この構成においては、上記(1)又は(2)において、重みづけが外部から設定・変更可能である。これにより、操作者の経験に基づいて手術経路の最適化ができる。

(5) 上記重みづけ手段によって設定された重みづけを記録保持する記録保持手段をさらに具備することを特徴とする(1)から(4)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0060】この構成においては、上記(1)から(4)の何れかにおいて、重みづけした結果を記録保持できる。これにより、種々の症例に渡って重要度設定のデータを参照できる。

(6) 上記記録保持手段の内容を参照して、上記重みづけ手段は重みづけを行なうことを特徴とする(5)記載の手術経路設定装置。

【0061】この構成においては、上記(5)の構成において記録保持した過去の重みづけの記録を参照して重みづけをおこなう。これにより、操作者の個人差によらない程度の高い設定が可能である。

(7) 上記手術経路導出手段は手術経路を導出するにあたり、目標を頂点とし体表を底面とする錐体で手術経路を立体的に導出することを特徴とする(1)から

(6)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0062】この構成においては、上記(1)から

(6)の何れかにおいて、手術経路を目標を頂点とし、体表を底面とする錐体で導出する。これにより、手術器具の断面形状や手術器具の遊びも考慮にいたした、より実際の手術経路の導出ができる。

(8) 上記手術経路導出手段は手術経路を導出するにあたり、管状体で手術経路を立体的に導出することを特徴とする(1)から(6)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0063】この構成においては、上記(1)から

(6)の何れかにおいて、手術経路を管状体で導出する。これにより、手術器具の断面形状や手術器具の遊びも考慮にいたした、より実際の手術経路の導出ができる。

(9) 上記表示手段に表示された手術経路の変更指示を入力可能な変更指示入力手段と、上記変更指示に従って、手術経路を変更する手術経路変更手段をさらに具備することを特徴とする(1)から(8)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0064】この構成によれば、上記(1)から(8)の何れかにおいて、導出された手術経路を自在に変更できる。これにより、手術経路の位置が微調整できる。

(10) 上記表示手段は手術経路が上記領域を通過することを示す情報をさらに表示することを特徴とする

(1)から(9)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0065】この構成によれば、上記(1)から(9)に何れかにおいて、手術経路が機能領域を通過する情報

が操作者に知らせられる。これにより、操作者は手術経路と機能領域の立体的位置関係を簡単に把握可能となる。

(11) 上記表示手段は手術経路と上記領域との近接の度合いを示す情報をさらに表示することを特徴とする

(1)から(10)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0066】この構成によれば、上記(1)から(10)の何れかにおいて、手術経路と機能領域の近接の度合いを表示できる。これにより、操作者は近接度合いの情報を参考にした手術経路を決定できる。

(12) 上記表示手段は、3次元立体イメージで手術経路及び手術経路近傍の身体画像を表示可能であることを特徴とする(1)から(11)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0067】この構成によれば、上記(1)から(11)の何れかにおいて、3次元立体イメージで手術経路および手術経路近傍の身体画像を表示する。これにより、操作者は手術経路と機能領域の立体的位置関係を簡単に把握可能となる。

(13) 上記表示手段は手術経路に垂直なスライス画像として、手術経路近傍の身体画像を表示可能であることを特徴とする(1)から(12)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0068】この構成によれば、上記(1)から(12)の何れかにおいて、手術経路に垂直な断面での画像を表示できる。これにより、操作者は手術の参考にできる。

(14) 上記表示手段における上記手術経路に垂直なスライス画像の表示において、上記目標から体表に渡る手術経路の複数の位置におけるスライス画像を順次表示可能であることを特徴とする(13)記載の手術経路設定装置。

【0069】この構成によれば、上記(13)において、手術経路に沿った複数の位置で手術経路に垂直な断面を表示できる。これにより、手術のシミュレーションが可能となる。

(15) 上記領域設定手段は、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて、画像の特徴によって上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルを複数の領域に分割し、この中より領域を選択することにより領域を設定することを特徴とする(1)から(14)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0070】この構成によれば、上記(1)から(14)の何れかにおいて、画像の特徴によって領域分割後に設定する領域を指定する。これにより、手術経路の検討等に関係のない領域の設定を避けることができる。

(16) 上記目標設定手段は、操作者が上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて所望の点を指示することにより目標を設定することを特徴とす

る(1)から(15)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0071】この構成によれば、上記(1)から(15)の何れかにおいて、所望の点を指示することによって領域を指定し、この領域を設定する。これにより、手術経路の検討等に関係のない領域の設定を避けることができる。

(17) 上記目標設定手段は、操作者が上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて所望の領域を指定し、この指定された領域の中心点を目標として設定することを特徴とする(1)から(15)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0072】この構成によれば、上記(1)から(15)の何れかにおいて、領域を指定することにより、その中心点が目標として設定される。これにより、領域の中心を目標とできる。

(18) 上記手術経路導出手段は、手術経路を評価するにあたり、手術器具の形状も評価情報として使用することを特徴とする(1)から(17)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0073】この構成によれば、上記(1)から(17)の何れかにおいて、手術器具の形状を考慮して手術情報を評価する。これにより、手術の際に必要な侵襲範囲を考慮の入れて、手術経路の評価ができる。

(19) 上記手術経路導出手段は、上記目標を原点とする極座標系の2つの角度成分で上記手術経路を定義することを特徴とする(1)から(18)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0074】この構成によれば、上記(1)から(18)の何れかにおいて、手術経路を極座標で定義する。これにより、2つの成分で手術経路を定義することができる。

(20) 上記表示手段はさらに、上記極座標系の2つの角度成分を各々縦軸および横軸にとったグラフ面上において、上記手術経路導出手段の評価が所定の条件に合う手術経路の範囲を表示可能であることを特徴とする

(19)記載の手術経路設定装置。

【0075】この構成によれば、上記(19)において、極座標系の2つの角度成分を各々縦軸および横軸としたグラフ面で、所定の条件にあう手術経路の範囲を表示する。これにより、なるべく広い変数範囲に渡って所定の条件を満足する手術経路の検討が容易にできる。

(21) 上記グラフ面は身体3次元モデルの表面にマッピングされて表示されることを特徴とする(20)記載の手術経路設定装置。

【0076】この構成によれば、上記(20)において、作成したグラフ面は身体3次元モデルの表面にマッピングされる。これにより、より分かり易く手術経路の検討ができる。

(22) 上記手術経路設定装置は定位脳手術に用いら

れるものであり、上記画像入力手段は頭部内部の画像情報を入力することを特徴とする(1)から(21)の何れかに記載の手術経路設定装置。

【0077】この構成によれば、上記(1)から(21)の何れかにおいて、定位脳手術のための手術経路が設定される。これにより、定位脳手術において、操作者の負担を軽減して手術経路設ができる。

(23) 上記画像入力手段の入力する画像は、CT装置またはMRI装置で撮影した頭部のスライス像であることを特徴とする(22)記載の手術経路設定装置。

【0078】この構成によれば、(22)において、CT装置またはMRI装置で撮影された頭部のスライス画像を利用して、手術経路が設定される。これにより、CT装置またはMRI装置を用いた定位脳手術の検討において、操作者の負担を軽減して手術経路設定ができる。

(24) コンピュータによって手術対象の患部に目標を設定しこの目標への手術経路を求める処理プログラムを記録した記録媒体であって、上記プログラムはコンピュータに身体内部の画像情報を入力させ、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて上記目標を設定させ、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて少なくとも1つの領域を設定させ、上記領域に重みづけをさせ、上記領域の重みづけを用いて上記目標への手術経路を評価させ、この評価に基づいて少なくとも1つの手術経路を導出させ、上記導出された手術経路を表示させることを特徴とする手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0079】これによれば上記(1)と同様な作用・効果がある。

(25) コンピュータによって手術対象の患部に目標として目標点を設定しこの目標点への手術経路を求める処理プログラムを記録した記録媒体であって、上記プログラムはコンピュータに撮影された身体のスライス画像を入力させ、上記スライス画像又は上記スライス画像から構築されたモデルにおいて目標点を設定させ、上記スライス画像又は上記スライス画像から構築されたモデルにおいて、少なくとも1つの領域を設定させ、上記領域の重みづけをさせ、上記領域の重みづけを用いて上記目標点への手術経路を評価させ、この評価に基づいて少なくとも1つの手術経路を導出させ、上記導出された手術経路を表示させることを特徴とする手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0080】これによれば上記(2)と同様な作用・効果がある。

(26) 上記プログラムはコンピュータに上記重みづけをさせるにあたり、予め作成されている標準モデルを参照して重みづけをさせることを特徴とする(24)又は(25)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0081】これによれば上記(3)と同様な作用・効果

果がある。

(27) 上記プログラムはコンピュータに上記重みづけをさせるにあたり、コンピュータ外部より重みづけが設定及び変更可能となっていることを特徴とする(24)又は(25)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0082】これによれば上記(4)と同様な作用・効果がある。

(28) 上記プログラムはコンピュータに重みづけさせた結果をさらに記録保持させることを特徴とする(24)から(27)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0083】これによれば上記(5)と同様な作用・効果がある。

(29) 上記プログラムはコンピュータに重みづけをさせるにあたり、上記記録保持させた重みづけ結果を参照させることを特徴とする(28)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0084】これによれば上記(6)と同様な作用・効果がある。

(30) 上記プログラムはコンピュータに手術経路を導出させるにあたり、目標を頂点とし体表を底面とする錐体で手術経路を立体的に導出させることを特徴とする(24)から(29)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0085】これによれば上記(7)と同様な作用・効果がある。

(31) 上記プログラムはコンピュータに手術経路を導出させるにあたり、管状体で手術経路を立体的に導出させることを特徴とする(24)から(29)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0086】これによれば上記(8)と同様な作用・効果がある。

(32) 上記プログラムはさらにコンピュータに表示された手術経路の変更指示を入力させ、上記変更指示に従って、手術経路を変更させることを特徴とする(24)から(31)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0087】これによれば上記(9)と同様な作用・効果がある。

(33) 上記プログラムはコンピュータに手術経路が上記領域を通過することを示す情報をさらに表示させることを特徴とする(24)から(32)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0088】これによれば上記(10)と同様な作用・効果がある。

(34) 上記プログラムはコンピュータに手術経路と上記領域との近接の度合いを示す情報をさらに表示させることを特徴とする(24)から(33)の何れかに記

載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0089】これによれば上記(11)と同様な作用・効果がある。

(35) 上記プログラムはコンピュータに手術経路を表示させるにあたり、3次元立体イメージで手術経路及び手術経路近傍の身体画像を表示させることを特徴とする(24)から(34)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0090】これによれば上記(12)と同様な作用・効果がある。

(36) 上記プログラムはコンピュータに手術経路を表示させるにあたり、手術経路に垂直なスライス画像として、手術経路近傍の身体画像を表示させることを特徴とする(24)から(35)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0091】これによれば上記(13)と同様な作用・効果がある。

(37) 上記プログラムはコンピュータに上記手術経路に垂直なスライス画像を表示させるにあたり、上記目標から体表に渡る手術経路の複数の位置におけるスライス画像を順次表示させることを特徴とする(36)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0092】これによれば上記(14)と同様な作用・効果がある。

(38) 上記プログラムはコンピュータに上記領域を設定させるにあたり、上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおいて、画像の特徴によって上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルを複数の領域に分割させ、この中より領域を選択させることにより領域を設定させることを特徴とする(24)から

(37)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0093】これによれば上記(15)と同様な作用・効果がある。

(39) 上記プログラムはコンピュータに上記目標を設定させるにあたり、操作者からの上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおける所望の点の指示に基づいて目標を設定させることを特徴とする(24)から(38)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0094】これによれば上記(16)と同様な作用・効果がある。

(40) 上記プログラムはコンピュータに上記目標を設定させるにあたり、操作者からの上記画像情報又は上記画像情報から構築されたモデルにおける所望の領域の指定に基づいて、この指定された領域の中心点を目標として設定させることを特徴とする(24)から(38)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0095】これによれば上記(17)と同様な作用・

効果がある。

(41) 上記プログラムはコンピュータに上記手術経路を評価させるにあたり、手術器具の形状も評価情報として使用させることを特徴とする(24)から(40)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0096】これによれば上記(18)と同様な作用・効果がある。

(42) 上記プログラムはコンピュータに上記手術経路を導出させるにあたり、上記目標を原点とする極座標系の2つの角度成分で上記手術経路を定義させることを特徴とする(24)から(41)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0097】これによれば上記(19)と同様な作用・効果がある。

(43) 上記プログラムはコンピュータに、上記極座標系の2つの角度成分を各々縦軸および横軸にとったグラフ面上において、上記手術経路導出手段の評価が所定の条件に合う手術経路の範囲を表示させることを特徴とする(42)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0098】これによれば上記(20)と同様な作用・効果がある。

(44) 上記プログラムはコンピュータに、上記グラフ面を身体3次元モデルの表面にマッピングさせて表示させることを特徴とする(43)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0099】これによれば上記(21)と同様な作用・効果がある。

(45) 上記プログラムは定位脳手術の手術経路を設定するものであることを特徴とする(24)から(44)の何れかに記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0100】これによれば上記(22)と同様な作用・効果がある。

(46) 上記プログラムはコンピュータに上記画像情報として、CT装置またはMRI装置で撮影した頭部のスライス像を入力させることを特徴とする(45)記載の手術経路設定処理プログラムを記録した記録媒体。

【0101】これによれば上記(23)と同様な作用・効果がある。

(47) 頭部のX線CTやMRI等のスライス状に撮影された医用画像を利用して、脳外科の手術における手術経路を設定する手術経路設定装置において、撮影された画像から、手術の対象となる患部を、到達すべき目標点として設定する手段と、組織、機能領域等を考慮して、領域を領域分割する手段と領域分割された各領域に重要度を設定する手段と、重要度に基づいた経路評価関数を定義し、この関数をもとに少なくとも1つの手術経路を導出する手段と、導出された手術経路を表示する手

段とを備えた手術経路設定装置。

【0102】この構成によれば、関心のある領域毎に重要度を設定し、この重要度に基づいた経路評価関数を最小にするような手術経路を各種最適化手法により算出する。算出された手術経路を表示装置上に、領域設定された検査画像と同一の空間内に重ね合わせて表示する。これによって、操作者は提示された手術経路と各種機能領域との位置関係を把握しながら、経路の検討ができる。

(48) 領域を設定する際に、解剖学的な脳神経の機能情報に基づいて予め作成された標準的な脳内機能モデルを変形させ、対象とする撮影画像に重ね合わせることで領域を設定することを特徴とする(47)記載の手術経路設定装置。

【0103】この構成によれば、解剖学的な脳内神経の機能情報を標準的な脳モデルとして作成しておき、この標準モデルを変形することにより、患者検査画像と位置合わせを行なう。変形された標準モデル内の機能領域を、患者検査画面内の領域と対応させ、手術経路の算出を行なう。これによって、モデルで設定されている領域に関しては、自動的に領域設定が行なわれ、操作者の負担を軽減することができる。

(49) 各領域の重要度の設定は操作者が行なうことができ、更に操作者が設定値を変更することができることを特徴とする(47)記載の手術経路設定装置。

【0104】この構成によれば、操作者が設定したある重要度の組合せで算出された手術経路に対して、他の重要度の組み合わせを設定し、更にその組み合わせの重要度で手術経路の候補を算出することができる。これによって、操作者は様々な重要度設定において、それぞれの場合の最適な手術経路を知ることができ、適切な手術経路の検討を行なうことができる。

(50) 検査データに対して設定された重要度の組み合わせをデータベースに保存することができ、このデータベースを参照することにより、経路設定を行なうべき検査データに対して重要度を導出することが可能であることを特徴とする(49)記載の手術経路設定装置。

【0105】この構成によれば、設定した様々な重要度の組み合わせをデータベースに保存しておくことにより、後で類似の症例に対して以前の複数の組み合わせデータを参照することができ、それらのデータを手術経路の検討を行なうことができる。これによって、より適切な手術経路の検討ができる。

(51) 目標から頭表面内の侵襲可能な侵入点の集合としての領域を求め、この領域を表示することと、この領域情報より、目標から頭表を見込む立体角情報を導出し、これらの情報より最適となる手術経路を設定することを特徴とする(47)記載の手術経路設定装置。

【0106】この構成によれば、経路評価関数の値を頭部表面上に値の大きさがわかるようにマッピングするとともに、経路評価関数がある適当に設定した値より小さ

な値をとる領域を表示することにより、頭部表面における侵入可能位置を点としてのみでなく面積をもった領域として表示する。これによって、より適切に手術経路を検討することができる。

(52) 目標点を始点として、マウス等の指示装置、または直接数値を入力することにより方向を可変とすることのできる線分を表示装置上で描画し、この線分上の機能領域との接触または近接情報を表示し、この表示情報より操作者が手術経路を選択することが可能である

(47) 記載の手術経路設定装置。

【0107】この構成によれば、操作者が自由に、いろいろな経路を探索し、探索中の経路ごとに、経路評価関数の値と共に、経路上の機能領域との接近情報が表示される。これによって、探索中の経路が適切な経路であるか否かを的確に判断することができる。

(53) 領域設定された画像から3次元的に再構成された画像上で、表示情報より操作者が手術経路を選択することが可能である(52) 記載の手術経路設定装置。

【0108】この構成によれば、表示される画像が3次元画像であるため、視点を変化させることにより任意の方向からの画像を表示することができ、より現実と近い状況を把握することができる。これによって、適切な手術経路を短時間で探索することができる。

(54) 設定された手術経路に対して、撮影された画像から手術経路に垂直な面における画像を再構成し、頭表または目標点から経路に沿って順次この画像を表示することが可能である(47) 記載の手術経路設定装置。

【0109】この構成によれば、算出された経路に沿って、各位置における経路に垂直な面内の情報が表示される。これによって、利用者が実際に手術を行なう場面に合わせて検討することができるとともに、手術のシミュレーションとして用いることもできる。

【0110】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、操作者の手術経路設定の負担を軽減することができる。

【0111】請求項2に記載の発明によれば、領域の重

みづけの個人差が減り、より正確な重みづけが容易にできるようになる。請求項3に記載の発明によれば、操作者の手術経路設定の負担を軽減することができるプログラムを記録した記録媒体を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の手術経路設定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】目標設定機能の動作フローチャートである。

【図3】領域設定機能の動作フローチャートである。

【図4】重要度設定機能の動作フローチャートである。

【図5】重要度設定後の脳のスライス画像の例である。

【図6】3次元的に再構成された画像に手術経路が示される例を示す図である。

【図7】2次元画像に手術経路と重要度を設定した領域を表示した例を示す図である。

【図8】(a)は手術経路23が極座標で定義されることを説明する図である。(b)は手術経路を定義する極座標の2つの角度成分で作る座標平面の図である。

【図9】手術経路を定義する極座標の2つの角度成分で作る座標平面を、頭表にマッピングした図である。

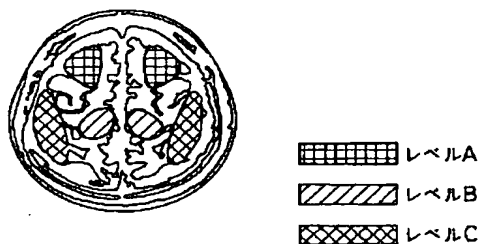
【図10】頭部の3次元立体画像において、手術経路と重みづけをした領域を表示した図である。

【図11】手術経路に垂直な平面における断面画像を表示することを説明する図である。

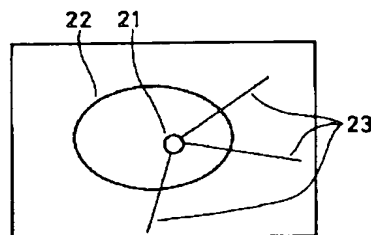
【符号の説明】

- 2 コンピュータ
- 21 目標
- 22 頭表
- 23 手術経路
- 24 重みづけした領域
- 25 直交座標軸
- 26 経路評価関数の値が所定の閾値以下の範囲
- 27 ドラッグポイント
- 28 マーク
- 29 手術経路に垂直な平面

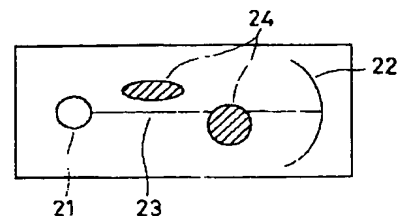
【図5】



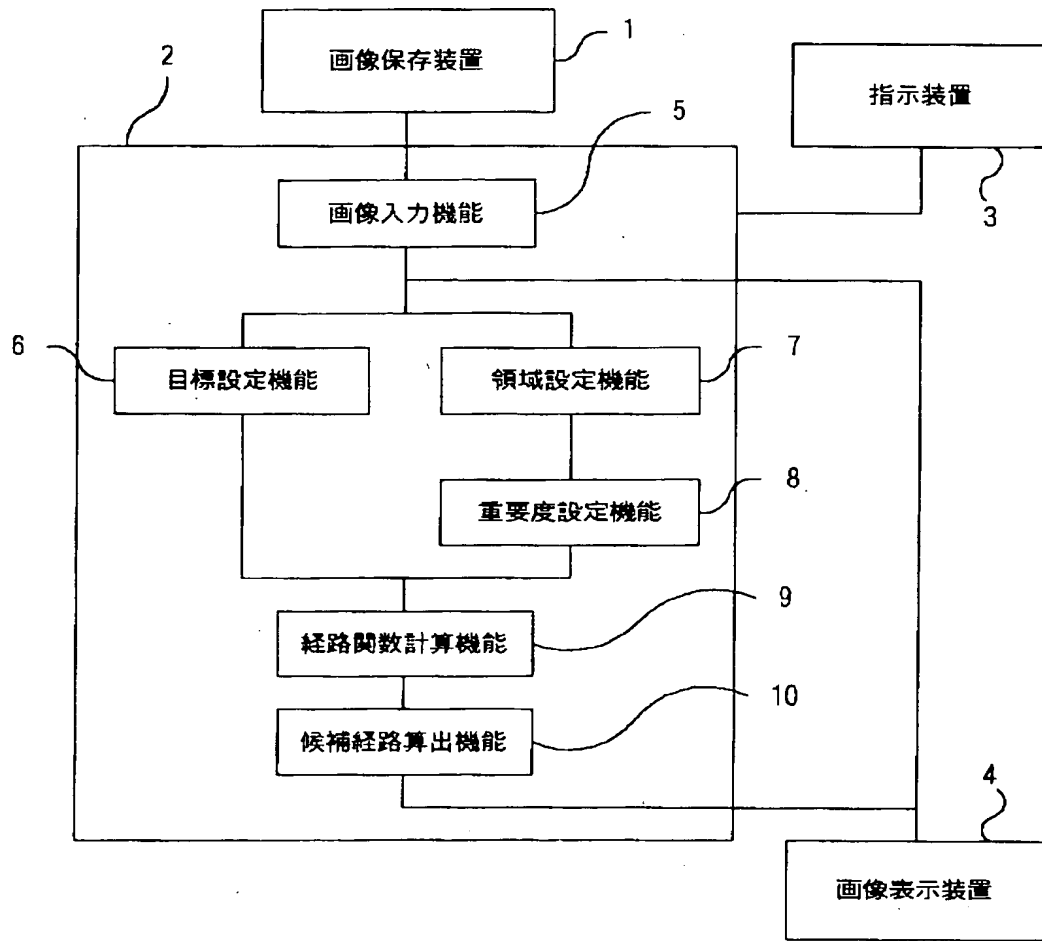
【図6】



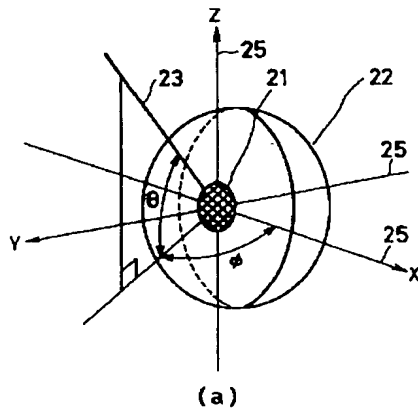
【図7】



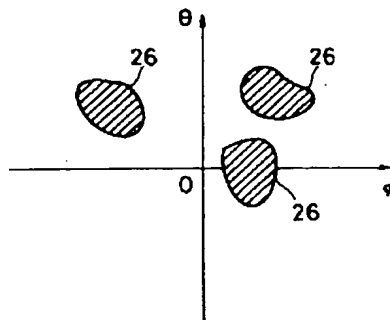
【図 1】



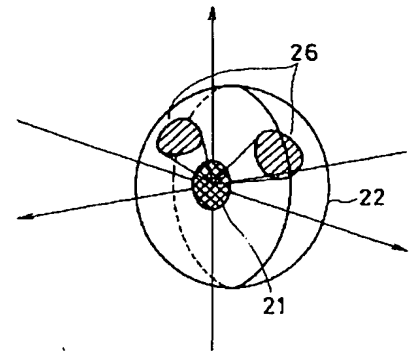
【図 8】



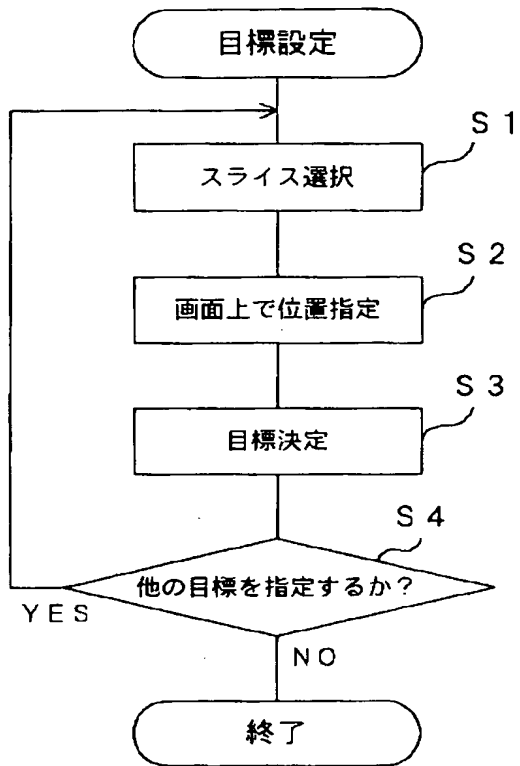
(b)



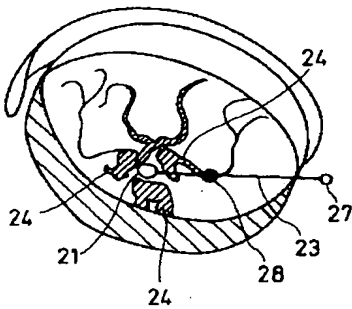
【図 9】



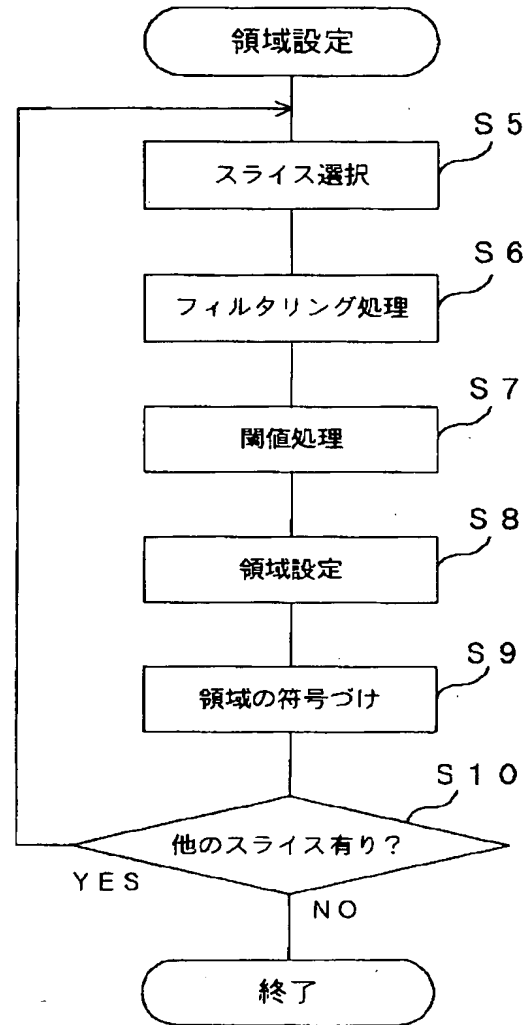
【図2】



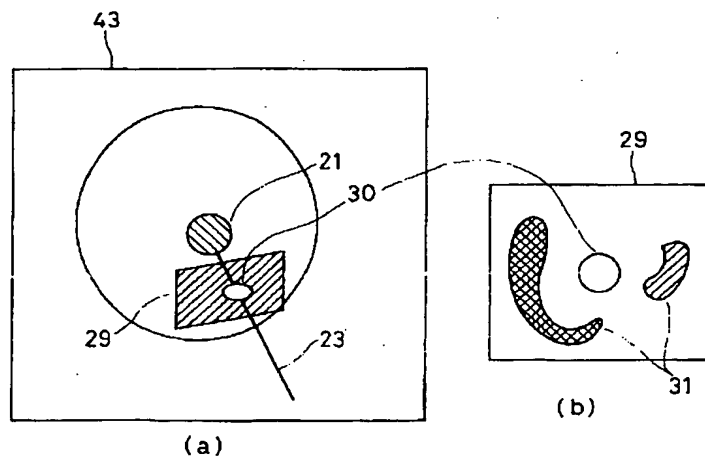
【図10】



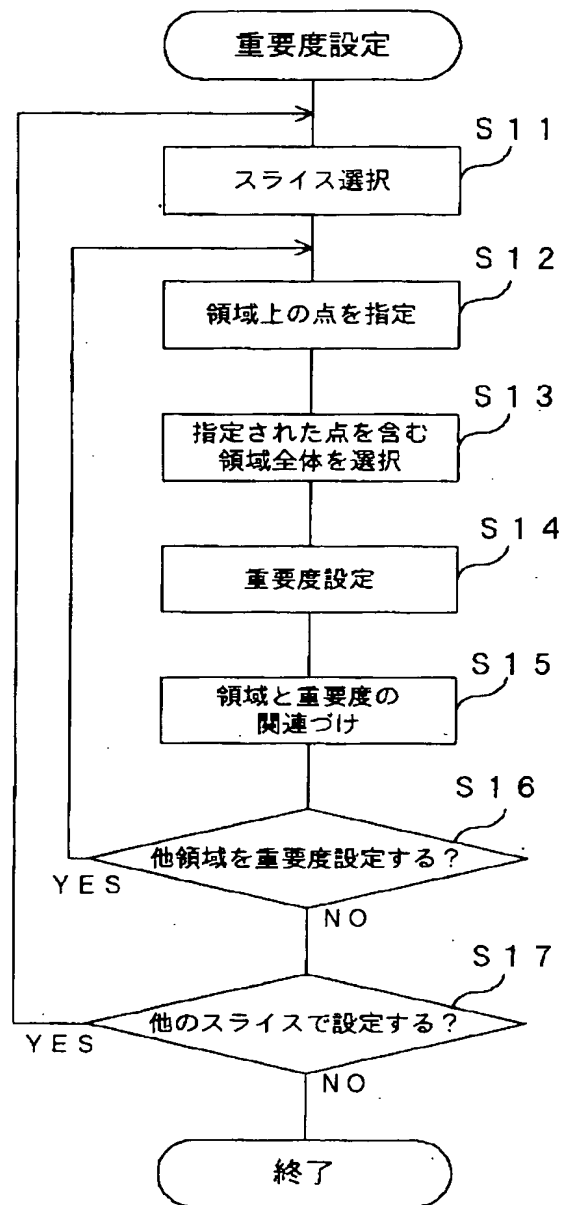
【図3】



【図11】



【図 4】



フロントページの続き

(72) 発明者 小坂 明生
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(72) 発明者 浅野 武夫
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(72) 発明者 古橋 幸人
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

F ターム (参考) 4C093 CA15 DA04 FF27 FF41 FF50
FG04 FG20 FH07 FH10
4C096 AB36 AC01 AD14 AD15 AD16
DC27 DC35 DC40 DD08 DD20
DE07 DE10
5B057 AA08 AA09 CA02 CA08 CA12
CA16 CB02 CB08 CB12 CB13
CB16 CC01 CD18 CF04 DA20
DC03 DC08